

# Solutions for Class 11 Chemistry Chapter 5 Thermodynamics

---

## Solutions for Class 11 Chemistry Chapter 5 Thermodynamics (ऊष्मागतिकी)

---

पाठ के अन्तर्गत दिए गए प्रश्नोत्तर  
सही उत्तर चुनिए-

**प्रश्न 1.**

ऊष्मागतिकी अवस्था फलन एक राशि है

- (i) जो ऊष्मा परिवर्तन के लिए प्रयुक्त होती है।
- (ii) जिसका मान पथ पर निर्भर नहीं करता है।
- (iii) जो दाब-आयतन कार्य की गणना करने में प्रयुक्त होती है।
- (iv) जिसका मान केवल ताप पर निर्भर करता है।

**उत्तर**

- (ii) जिसका मान पथ पर निर्भर नहीं करता है।

**प्रश्न 2.**

एक प्रक्रम के रुद्रोष्म परिस्थितियों में होने के लिए-

- (i)  $\Delta T = 0$
- (ii)  $\Delta p = 0$
- (iii)  $q = 0$
- (iv)  $w = 0$

**उत्तर**

- (iii)  $q = 0$

**प्रश्न 3.**

सभी तत्वों की एन्चैल्पी उनकी सन्दर्भ-अवस्था में होती है-

- (i) इकाई
- (ii) शून्य
- (iii)  $< 0$
- (iv) सभी तत्वों के लिए भिन्न होती है।

**उत्तर**

- (ii) शून्य।

**प्रश्न 4.**

मेथेन के दहन के लिए  $\Delta U^\ominus$  का मान  $-X \text{ kJ mol}^{-1}$  है। इसके लिए  $\Delta H^\ominus$  का मान होगा

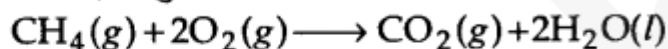
- (i)  $= \Delta U^\ominus$

- (ii)  $>\Delta U^\ominus$   
 (iii)  $<\Delta U^\ominus$   
 (iv) = 0

उत्तर

मेथेन के दहन के लिए सन्तुलित समीकरण होगी-

मेथेन के दहन के लिए सन्तुलित समीकरण होगी—



अतः

$$\Delta n_g = (n_p - n_r)_g = 1 - 3 = -2$$

$$\Delta H^\ominus = \Delta U^\ominus + \Delta n_g RT = -x - 2RT$$

अतः  $\Delta H^\ominus < \Delta U^\ominus$ , अतः विकल्प (iii) सही उत्तर है।

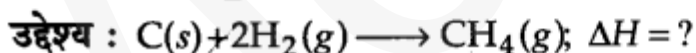
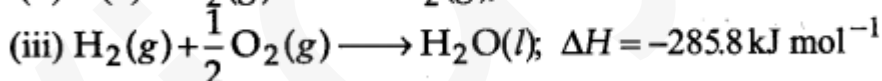
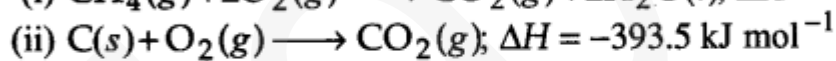
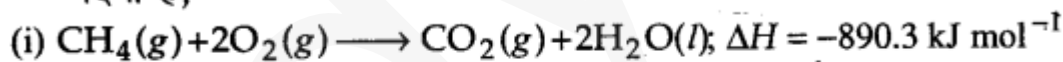
प्रश्न 5.

मेथेन, ग्रेफाइट एवं डाइहाइड्रोजन के लिए 298 K पर दहन एन्थैल्पी के मान क्रमशः  $-890.3 \text{ kJ mol}^{-1}$ ,  $-393.5 \text{ kJ mol}^{-1}$  एवं  $-285.8 \text{ kJ mol}^{-1}$  हैं।  $\text{CH}_4(g)$  की विरचन एन्थैल्पी क्या होगी?

- (i)  $-74.8 \text{ kJ mol}^{-1}$   
 (ii)  $-52.27 \text{ kJ mol}^{-1}$   
 (iii)  $+74.8 \text{ kJ mol}^{-1}$   
 (iv)  $+52.26 \text{ kJ mol}^{-1}$

उत्तर

दिया है,



समीकरण (ii)  $+2 \times$  समी० (iii)  $-$  समी० (i) वांछित समीकरण देते हैं।

$$\Delta H = -393.5 + 2(-285.8) - (-890.3) \text{ kJ mol}^{-1} = -74.8 \text{ kJ mol}^{-1}$$

अतः विकल्प (i) सही उत्तर है।

प्रश्न 6.

एक अभिक्रिया  $A + B \rightarrow C + D + q$  के लिए एन्ट्रॉपी परिवर्तन धनात्मक पाया गया। यह अभिक्रिया सम्भव होगी-

- (i) उच्च ताप पर  
 (ii) निम्न ताप पर  
 (iii) किसी भी ताप पर नहीं  
 (iv) किसी भी ताप पर

उत्तर

यहाँ  $\Delta H = -ve$  तथा  $\Delta S = +ve$ .  $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$ ; अभिक्रिया के स्वतः प्रवर्तित होने के लिए  $\Delta G = -ve$  होनी चाहिए जोकि किसी भी ताप पर हो सकती है अर्थात् विकल्प (iv) सही है।

प्रश्न 7.

एक प्रक्रम में निकाय द्वारा 701 J ऊष्मा अवशोषित होती है एवं 394J कार्य किया जाता है। इस प्रक्रम में आन्तरिक ऊर्जा में कितना परिवर्तन होगा?

उत्तर

दिया है,  $q = +701 \text{ J}$ ,  $w = -394 \text{ J}$ ,  $\Delta U = ?$

ऊष्मागतिकी के प्रथम नियमानुसार,

$$\Delta U = q + w = +701 \text{ J} + (-394 \text{ J}) = +307 \text{ J}$$

अर्थात् निकाय की आन्तरिक ऊर्जा 307 J बढ़ती है।

प्रश्न 8.

एक बम कैलोरीमीटर में  $\text{NH}_2\text{CN (s)}$  की अभिक्रिया डाइऑक्सीजन के साथ की गई एवं  $\Delta U$  का मान  $-742.7 \text{ kJ mol}^{-1}$  पाया गया (298K पर)। इस अभिक्रिया के लिए 298K पर एन्थैल्पी परिवर्तन ज्ञात कीजिए:-

उत्तर

दिए गए समीकरण के लिए,

$$\Delta n = (1+1) - \left(\frac{3}{2}\right) = +\frac{1}{2} \text{ mol}$$

$$\Delta H = \Delta U + \Delta nRT$$

$$\Delta H = -742.7 + \left(\frac{1}{2} \times 8.314 \times 10^{-3} \times 298\right)$$

$$(\because R = 8.314 \times 10^{-3} \text{ kJ mol}^{-1} \text{ K}^{-1})$$

$$= -741.5 \text{ kJ mol}^{-1}$$

प्रश्न 9.

60.0 g ऐलुमिनियम का ताप  $35^\circ\text{C}$  से  $55^\circ\text{C}$  करने के लिए कितने kJ ऊष्मा की आवश्यकता होगी? Al की मोलर ऊष्माधारिता  $24 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$  है।

उत्तर

पदार्थ के  $n$  मोलों के लिए,

$$q = n \times C_m \times \Delta t$$

इस परिस्थिति में,

$$n = \frac{60.0}{27} = 2.22 \text{ mol}$$

$$C_m = 24 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1} = 24 \times 10^{-3} \text{ kJ mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

$$\Delta T = (273 + 55) - (273 + 35) = 20 \text{ K}$$

तथा

$$q = 2.22 \times 24 \times 10^{-3} \times 20 = 1.07 \text{ kJ}$$

**प्रश्न 10.**

10.0°C पर 1 मोल जल की बर्फ - 10°C पर जमाने पर एन्थैल्पी-परिवर्तन की गणना कीजिए।

$$\Delta_{\text{fus}} H = 6.03 \text{ kJ mol}^{-1} \text{ } 0^\circ\text{C पर,}$$

$$C_p[\text{H}_2\text{O}(l)] = 75.3 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

$$C_p[\text{H}_2\text{O}(s)] = 36.8 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

**उत्तर**

$$\Delta H_{\text{total}} = (10^\circ\text{C पर 1 मोल जल} \rightarrow 0^\circ\text{C पर 1 मोल जल})$$

$$\therefore \quad \begin{aligned} &+ (0^\circ\text{C पर 1 मोल जल} \rightarrow 0^\circ\text{C पर 1 मोल बर्फ}) \\ &+ (0^\circ\text{C पर 1 मोल बर्फ} \rightarrow -10^\circ\text{C पर 1 मोल बर्फ}) \end{aligned}$$

$$= C_p[\text{H}_2\text{O}(l)] \times \Delta T + \Delta H_{\text{freezing}} + C_p[\text{H}_2\text{O}(s)] \times \Delta T$$

$$= (75.3 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1})(-10 \text{ K}) + (-6.03 \text{ kJ mol}^{-1})$$

$$+ (36.8 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1})(-10 \text{ K})$$

$$= -753 \text{ J mol}^{-1} - 6.03 \text{ kJ mol}^{-1} - 368 \text{ J mol}^{-1}$$

$$= -0.753 \text{ kJ mol}^{-1} - 6.03 \text{ kJ mol}^{-1} - 0.368 \text{ kJ mol}^{-1}$$

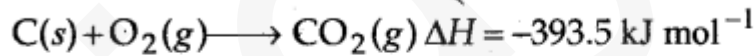
$$= -7.151 \text{ kJ mol}^{-1}$$

**प्रश्न 11.**

CO<sub>2</sub> की दहन एन्थैल्पी - 393.5 kJ mol<sup>-1</sup> है। कार्बन एवं ऑक्सीजन से 35.2 g CO<sub>2</sub> बनने पर उत्सर्जित ऊष्मा की गणना कीजिए।

**उत्तर**

सम्बन्धित समीकरण निम्नवत् है



$$1 \text{ mol} = 44 \text{ g}$$

उत्सर्जित ऊष्मा जब 44 g CO<sub>2</sub> निर्मित होती है = 393.5 kJ

$$\therefore 35.2 \text{ g CO}_2 \text{ निर्मित होने पर निर्मुक्त ऊष्मा} = \frac{393.5}{44} \times 35.2 \text{ kJ} = 314.8 \text{ kJ}$$

**प्रश्न 12.**

CO(g), CO<sub>2</sub>(g), N<sub>2</sub>O(g) एवं N<sub>2</sub>O<sub>4</sub>(g) की विरचन एन्थैल्पी क्रमशः -110, 393, 81 एवं 9.7 kJ mol<sup>-1</sup> हैं। अभिक्रिया N<sub>2</sub>O<sub>4</sub>(g) + 3CO(g) → N<sub>2</sub>O(g) + 3CO<sub>2</sub>(g) के लिए Δ<sub>r</sub>H<sup>⊖</sup> का मान ज्ञात कीजिए।

**उत्तर**

$$\Delta_r H = \sum \Delta_f H_{\text{उत्पाद}}^{\ominus} - \sum \Delta_f H_{\text{अभिकारक}}^{\ominus}$$

$$= \{\Delta_f H[\text{N}_2\text{O}(g)] + 3 \times \Delta_f H[\text{CO}_2(g)]\}$$

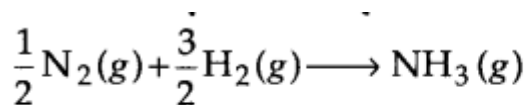
$$- \{\Delta_f H[\text{N}_2\text{O}_4(g)] + 3 \times \Delta_f H[\text{CO}(g)]\}$$

$$= \{81 + [3 \times (-393)]\} - \{9.7 + 3 \times (-110)\}$$

$$= [-1098 - (-320.3)] = -777.7 \text{ kJ}$$

प्रश्न 13.

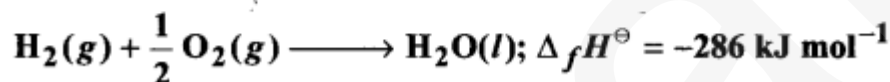
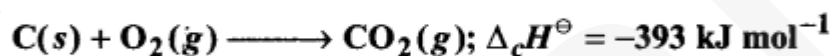
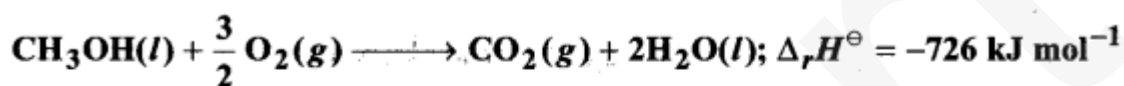
$\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{NH}_3(\text{g}); \Delta_r H^\ominus = -92.4 \text{ kJ mol}^{-1}$   $\text{NH}_3$  गैस की मानक विरचन एन्थैल्पी क्या है?  
उत्तर



$$\Delta_f H^\ominus [\text{NH}_3(\text{g})] = \frac{1}{2} \Delta_r H^\ominus = \frac{1}{2} \times (-92.4) = -46.2 \text{ kJ mol}^{-1}$$

प्रश्न 14.

निम्नलिखित आँकड़ों से  $\text{CH}_3\text{OH}(\text{l})$  की मानक विरचन एन्थैल्पी ज्ञात कीजिए-



उत्तर

दिए गए आँकड़ों के अनुसार,

$$\Delta_f H^\ominus [(\text{CO}_2)(\text{g})] = -393 \text{ kJ mol}^{-1}$$

$$\therefore \Delta_r H^\ominus = \sum \Delta_f H^\ominus_{(\text{उत्पाद})} - \sum \Delta_f H^\ominus_{(\text{अभिकारक})}$$

$$\text{या} \quad \Delta_r H^\ominus = \{\Delta_f H^\ominus [\text{CO}_2(\text{g})] + 2 \times \Delta_f H^\ominus [\text{H}_2\text{O}(\text{l})]\} - \{\Delta_f H^\ominus [\text{CH}_3\text{OH}(\text{l})] + \frac{3}{2} \times \Delta_f H^\ominus [\text{O}_2(\text{g})]\}$$

$$\text{या} \quad -726 = \{-393 + 2 \times (-286)\} - \left\{ \Delta_f H^\ominus [\text{CH}_3\text{OH}(\text{l})] + \frac{3}{2} \times 0 \right\}$$

$$-726 = (-965) - \Delta_f H^\ominus [\text{CH}_3\text{OH}(\text{l})]$$

$$\text{या} \quad \Delta_f H^\ominus [\text{CH}_3\text{OH}(\text{l})] = +726 - 965 = -239 \text{ kJ mol}^{-1}$$

प्रश्न 15.

$\text{CCl}_3(\text{g}) \rightarrow \text{C}(\text{g}) + 4\text{Cl}(\text{g})$  अभिक्रिया के लिए एन्थैल्पी-परिवर्तन ज्ञात कीजिए एवं  $\text{CCl}_3$  में C-Cl की आबन्ध एन्थैल्पी की गणना कीजिए-

$$\Delta_{\text{vap}} H^\ominus (\text{CCl}_4) = 30.5 \text{ kJ mol}^{-1}$$

$$\Delta_f H^\ominus (\text{CCl}_4) = -1355 \text{ kJ mol}^{-1}$$

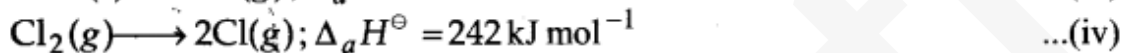
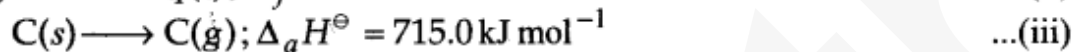
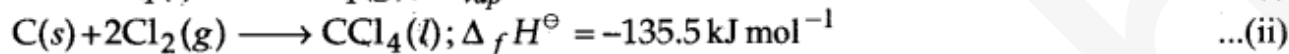
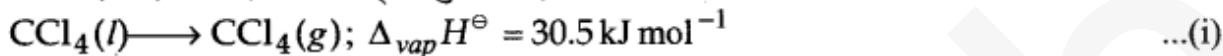
$$\Delta_a H^\ominus (\text{C}) = 715.0 \text{ kJ mol}^{-1},$$

$$\Delta_a H^\ominus (\text{Cl}_2) = 242 \text{ kJ mol}^{-1}$$

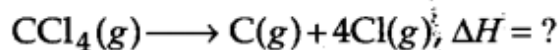
यहाँ  $\Delta_a H^\ominus$  परमाण्वीकरण एन्थैल्पी है।

**उत्तर**

दिए गए आँकड़े निम्नवत् प्रस्तुत किए जा सकते हैं—



वांछित समीकरण निम्न है—



समी० (iii) + 2 × समी० (iv) - समी० (i) - समी० (ii) से

$$\Delta H = 715.0 + (2 \times 242) - 30.5 - (-135.5) = 1304 \text{ kJ mol}^{-1}$$

$$\text{CCl}_4 \text{ में C—Cl की आबन्ध एन्थैल्पी (औसत मान)} = \frac{1304}{4} = 326 \text{ kJ mol}^{-1}$$

**प्रश्न 16.**

एक विलगित निकाय के लिए  $\Delta U = 0$ , इसके लिए  $\Delta S$  क्या होगा?

**उत्तर**

यहाँ  $\Delta U$  का मान शून्य है जिसका तात्पर्य है कि यहाँ ऊर्जा कारक की कोई भूमिका नहीं है।  $\Delta U = 0$  दोनों पर प्रक्रम तभी स्वतः प्रवर्तित हो सकता है जब एंट्रॉपी कारक प्रक्रम कराने में सहायक हो अर्थात्  $\Delta S$  का मान धनात्मक (+ve) होगा।

**प्रश्न 17.**

298 K पर अभिक्रिया  $2A + B \rightarrow c$  के लिए।

$$\Delta H = 400 \text{ kJ mol}^{-1} \text{ एवं } \Delta S = 0.2 \text{ kJ K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$$

$\Delta H$  एवं  $\Delta S$  को ताप-विस्तार में स्थिर मानते हुए बताइए कि किस ताप पर अभिक्रिया स्वतः होगी?

**उत्तर**

सर्वप्रथम उस ताप की गणना करते हैं, जिस पर अभिक्रिया साम्यावस्था में होगी अर्थात्  $\Delta G = 0$

$$\Delta G = \Delta H - T \Delta S$$

∴

$$0 = \Delta H - T \Delta S$$

या

$$T = \frac{\Delta H}{\Delta S} = \frac{400}{0.2} = 2000 \text{ K}$$

अभिक्रिया के स्वतः प्रवर्तित होने के लिए  $\Delta G$  का मान ऋणात्मक होना चाहिए, अतः  $T$ , 2,000 K से अधिक होना चाहिए।

**प्रश्न 18.**

अभिक्रिया  $2\text{Cl}(\text{g}) \rightarrow \text{Cl}_2(\text{g})$  के लिए  $\Delta H$  एवं  $\Delta S$  के चिह्न क्या होंगे?

**उत्तर**

दी गयी अभिक्रिया में आबन्ध निर्माण होता है, अतः ऊर्जा निर्मुक्त होती है अर्थात्  $\Delta H$  ऋणात्मक होता है। पुनः 2 मोल परमाणुओं की यादृच्छिकता (randomness) 1 मोल अणुओं से अधिक होती है, अतः यादृच्छिकता घटती है अर्थात्  $\Delta S$  ऋणात्मक होगा।

**प्रश्न 19.**

अभिक्रिया  $2\text{A}(\text{g}) + \text{B}(\text{g}) \rightarrow 2\text{D}(\text{g})$  के लिए  $\Delta U^\ominus = -10.5 \text{ kJ}$  एवं  $\Delta S^\ominus = -44.1 \text{ JK}^{-1}$  अभिक्रिया के लिए  $\Delta G^\ominus$  की गणना कीजिए और बताइए कि क्या अभिक्रिया स्वतः प्रवर्तित हो सकती है?

**उत्तर**

दी गयी अभिक्रिया के लिए,

$$\begin{aligned}\Delta n &= 2 - (2 + 1) = -1 \\ \Delta H^\ominus &= \Delta U^\ominus + \Delta nRT \\ &= -10.5 + (-1) \times 8.314 \times 10^{-3} \times 298 \\ &= -12.98 \text{ kJ}\end{aligned}$$

( $\therefore$  सभी पदार्थों के लिए मानक परिस्थितियों में  $R = 8.314 \times 10^{-3} \text{ kJ mol}^{-1}\text{K}^{-1}$ ,  $T = 298 \text{ K}$ )

अतः

$$\begin{aligned}\Delta G^\ominus &= \Delta H^\ominus - T\Delta S^\ominus \\ &= -12.98 - [298 \times (-44.1 \times 10^{-3})] = 0.162 \text{ kJ}\end{aligned}$$

चूँकि  $\Delta G^\ominus$  का मान धनात्मक आता है, अतः अभिक्रिया स्वतः प्रवर्तित नहीं होगी।

**प्रश्न 20.**

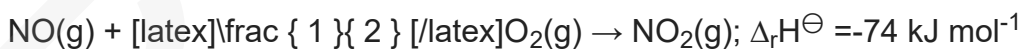
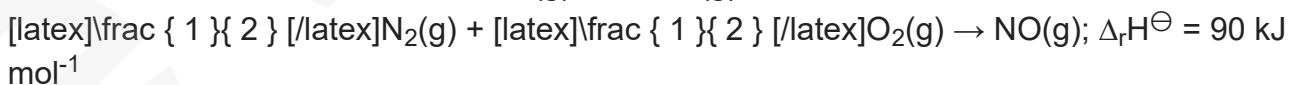
300 K पर एक अभिक्रिया के लिए साम्य स्थिरांक 10 है।  $\Delta G^\ominus$  का मान क्या होगा? ( $R = 8.314 \text{ JK}^{-1}\text{mol}^{-1}$ )

**उत्तर**

$$\begin{aligned}\Delta G^\ominus &= -2.303 RT \log K \\ \therefore \Delta G^\ominus &= -2.303 \times 8.314 \times 300 \times \log 10 \\ &= -2.303 \times 8.314 \times 300 \times 1 \\ &= -5744.1 \text{ J} = -5.744 \text{ kJ}\end{aligned}$$

**प्रश्न 21.**

निम्नलिखित अभिक्रियाओं के आधार पर  $\text{NO}(\text{g})$  तथा  $\text{NO}_2(\text{g})$  के ऊष्मागतिकी स्थायित्व पर टिप्पणी कीजिए-

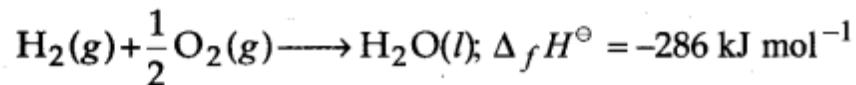
**उत्तर**

$\text{NO}(\text{g})$  के निर्माण में ऊर्जा अवशोषित होती है, अतः  $\text{NO}(\text{g})$  अस्थायी है। चूँकि दूसरी अभिक्रिया में ऊर्जा निर्मुक्त होती है, अतः  $\text{NO}_2(\text{g})$  स्थायी है। अतः अस्थायी  $\text{NO}(\text{g})$  स्थायी  $\text{NO}_2(\text{g})$  में परिवर्तित होती है।

**प्रश्न 22.**

जब 1.00 mol  $\text{H}_2\text{O}(l)$  को मानक परिस्थितियों में विरचित किया जाता है, तब परिवेश के एन्ट्रॉपी-परिवर्तन की गणना कीजिए। ( $\Delta_f H^\ominus = -286 \text{ kJ mol}^{-1}$ )

**उत्तर**



समीकरण के अनुसार 1 mol  $\text{H}_2\text{O}(l)$  निर्मित होता है तथा 286 kJ ऊष्मा निर्मुक्त होती है। यह ऊष्मा परिवेश द्वारा अवशोषित कर ली जाती है।

$$q_{surr} = +286 \text{ kJ mol}^{-1}$$

अतः परिवेश में एन्ट्रॉपी परिवर्तन,

$$\begin{aligned} \Delta S_{surr} &= \frac{q_{surr}}{T} = \frac{286}{298} = 0.9597 \text{ kJ K}^{-1} \text{ mol}^{-1} \\ &= \mathbf{959.7 \text{ kJ mol}^{-1}} \end{aligned}$$